

## Senkung des Selektionsdrucks von Herbiziden – Möglichkeiten und Grenzen eines Managements von Acker-Fuchsschwanz mit Clethodim in Raps bei Vorkommen des Haplotyps Leu1781

*Reduction of selection pressure of herbicides - options and limits for blackgrass management by using clethodim in oilseed rape in the presence of the Leu1781 haplotype*

Jean Wagner<sup>1\*</sup>, Jens Heisrath<sup>2</sup>, Jan Juister<sup>3</sup>, Tjard Ommen<sup>3</sup> und Albert Günnigmann<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Plantalyt GmbH, Vahrenwalder Str. 269A, 30179 Hannover

<sup>2</sup>ABIP GbR, Lange Gasse 6, 78661 Dietingen

<sup>3</sup>LW- Versuche Boning Juister Ommen GbR

<sup>4</sup>Cheminova Deutschland GmbH & Co. KG

\*Korrespondierender Autor: jean.wagner@plantalyt.com



DOI 10.5073/jka.2014.443.032

### Zusammenfassung

In Feldversuchen wurde Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*, Huds.) in Raps an 6 Standorten in Nord- und Süddeutschland mit vermuteten Resistenzproblemen mit Clethodim (Select EC 240) bzw. Cycloxydim (Focus Ultra) mit und ohne Nachbehandlung mit Propyzamid (Kerb FLO) bekämpft. Begleitend wurden molekulargenetische Analysen von Blattproben durchgeführt, um das Vorkommen von Acker-Fuchsschwanz mit dem Haplotyp Leu1781 und die Häufigkeit der Genotypen zu erfassen. Das Ziel der Versuche war es, die Bekämpfungserfolge an den Standorten mit dem Vorkommen der hetero- und homozygot resistenten Genotypen des Acker-Fuchsschwanzes zu korrelieren. In Gewächshausversuchen hat sich gezeigt, dass Clethodim den Haplotyp Leu1781 schwächer selektiert als Cycloxydim und heterozygote Pflanzen generell einen niedrigeren Resistenzfaktor zeigen als homozygote Pflanzen. Die Versuchsfrage lautete, ob sich der Anteil heterozygoter Pflanzen bei einer Bekämpfung mit Clethodim durch eine höhere Wirkung aufgrund einer niedrigeren Resistenzausprägung in Feldversuchen bemerkbar macht. An 5 der gewählten 6 Standorte konnte eine Wirkort-Resistenz mit dem Haplotyp Leu1781 nachgewiesen werden. An einem Standort korrelierte der hohe Anteil an heterozygoten Pflanzen mit dem höheren Bekämpfungserfolg von Select EC 240 (80 %) gegenüber Focus Ultra (0 %). An zwei Standorten mit hohem Anteil an homozygoten Pflanzen konnte mit den Solo-Varianten Select EC 240 und Focus Ultra keine ausreichende Bekämpfung durchgeführt werden. Hier konnte bei einer Nachbehandlung mit Kerb FLO eine zum Teil zufriedenstellende Bekämpfung erzielt werden. An einem Standort wurde trotz Verdacht keine Resistenz mittels molekulargenetischer Analyse nachgewiesen. Hier war die Wirkung von Select EC 240 und Focus Ultra gegen Acker-Fuchsschwanz in allen Varianten mit und ohne Kerb FLO gleich gut. Die Untersuchungen belegen den höheren Bekämpfungsgrad von Pflanzen mit dem Haplotypen Leu1781 durch den Wirkstoff Clethodim und zeigen auf, dass die Frequenz von resistenten Genotypen (homo- vs. heterozygot) einen deutlichen Einfluss auf die Resistenzselektion durch Clethodim hat. Die Untersuchungen belegen, dass es notwendig ist in der Resistenzforschung die Resistenzmechanismen wirkstoffabhängig zu betrachten und auch das Verständnis darüber der Praxisberatung näher zu bringen. Ein sinnvoller Einsatz von DIMs in Flächen mit dem Haplotypen Leu1781 kann nur mit Hilfe eines propyzamidhaltigen Herbizids und dem gezielten Einbau von ackerbaulichen Maßnahmen (z.B. Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung) zur Acker-Fuchsschwanzbekämpfung abgesichert werden.

**Stichwörter:** *Alopecurus myosuroides*, Clethodim, Cycloxydim, heterozygot, homozygot, Leu1781-Leu, Pyrosequenzierung, Wirkort-Resistenz

### Abstract

In field experiments the control of blackgrass (*Alopecurus myosuroides*, Huds.) in oilseed rape using clethodim (Select EC 240) and cycloxydim (Focus Ultra) with and without subsequent treatments with propyzamide (Kerb FLO) was tested at 6 locations in North and South Germany with assumed resistance problems. The field experiments were accompanied using molecular analysis leaf samples from the plots to seize the occurrence of black-grass with the Leu 1781 haplotype and to determine the frequency of the genotypes. The goal of the trials was to correlate the successes of blackgrass control with the occurrence of hetero- and homozygous resistant genotypes. It was shown in greenhouse trials that clethodim selects the haplotype Leu1781 more weakly (and it shows a higher partial efficacy) than cycloxydim and that heterozygous plants have a lower resistance factor than homozygous plants. The question raised whether the frequency of heterozygous plants has influence on increased efficacy of clethodim under field conditions. At 5 sites target-site resistance was

detected. At one location the high proportion of heterozygous plants correlated positive with relative higher control using Select EC 240 (80%) compared to Focus Ultra (0%). At two locations with high proportion of homozygous resistant plants Select EC 240 and Focus Ultra treatments without subsequent treatments with Kerb FLO were not sufficient in solo variants. The subsequent treatments with Kerb FLO provided partly, but not sufficient control of black-grass. At one location no resistance was identified. The effect of Select EC 240 and Focus Ultra to control black-grass were comparable high in all variants with and without subsequent treatments of Kerb FLO. The investigations showed clearly a higher degree of control by plants with the haplotype Leu1781 by the active substance clethodim and pointed out the fact that the frequency of resistant genotypes (homo vs. heterozygous resistant plants) has a clear influence on the resistance selection. The use of DIMs at locations suspected to be resistant should be assured only with the help of propyzamide and non-chemical measurements (e. g. ploughing, crop rotation). The results also indicate that it is necessary to assess resistance mechanisms in resistance research individually depending on the active ingredients, inheritance and weed species.

**Keywords:** *Alopecurus myosuroides*, clethodim, cycloxydim, homozygous, heterozygous, pyrosequencing, target-site resistance

## Einleitung

Die Ausbreitung von Herbizidresistenz wird durch inhärente und agronomische Faktoren beeinflusst (EPPÖ, 2003). Zu den inhärenten Faktoren gehört die Höhe der Resistenzausprägung, die durch den Resistenzfaktor oder Resistenz-Index beschrieben wird (POWLES and SHANER, 2001). Er setzt sich zusammen aus dem Herbizid, der Unkrautart, der Anzahl und Art der Resistenzmechanismen, der Häufigkeit der Mechanismen in einer Population und der Vererbung (bzw. dem Ploidiegrad und der Genotypen-Frequenz). Für ein rationales Resistenzmanagement bedarf es einer genaueren Aufschlüsselung der Resistenzfaktoren. Diese sind für jedes Herbizid und für jeden Mechanismus individuell. Hinzu kommt, dass in jeder Population einer Pflanzenart verschiedene Genotypen von einem Resistenzmechanismus vorkommen, die jeweils einen eigenen Resistenzfaktor haben. WAGNER und BELZ (2014) haben in Dosis-Wirkungsversuchen die Ausprägung von Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*, Huds.) mit einer Wirkort-Resistenz Ile/Leu1781 gegenüber den Wirkstoffen Clethodim und Cycloxydim (ACCase-Inhibitoren, HRAC-Klasse A) auf Populations- und Genotypen-Ebene untersucht. Cycloxydim selektiert einen Acker-Fuchsschwanz mit einem Leu1718 ACCase-Allel intensiver als das Clethodim. Es konnte aus den Untersuchungen für Clethodim ein Resistenzfaktor von 10 für die homo- bzw. 6 für die heterozygote Teilpopulation berechnet werden. Bei Cycloxydim lag der Resistenzfaktor bei 136 für die homo- bzw. 118 für die heterozygote Teilpopulation.

Die Cyclohexandione ("DIMs"), zu denen die Wirkstoffe Tepraloxymid, Cycloxydim und Clethodim gehören, sind derzeit anders als die Gruppe der Aryloxyphenoxypionsäuren ("FOPs"), zu denen z. B. das Fenoxaprop-P-ethyl zählt, nicht von einer metabolischen Resistenz betroffen. Somit lassen sich im Fruchtwechsel in Nicht-Getreide Kulturen metabolische Resistenzen mit DIMs unterdrücken. Der einzige Resistenzmechanismus ist die Wirkort-Resistenz. Von den derzeit sieben beschriebenen variablen Position Ile1781, Trp1999, Trp2027, Ile2041, Asp2078, Cys2088 und Gly2096 im Protein ACCase (LIU *et al.*, 2007; DELYE *et al.*, 2005) zeigt nur der Haplotyp Gly2078 eine Resistenz gegen alle drei DIMs, während der Haplotyp Leu1781 eine ausgeprägte Resistenz gegen Cycloxydim und eine schwach ausgeprägte gegen das Tepraloxymid und Clethodim zeigt. Damit ist der einzige stark ausgeprägte Resistenzmechanismus gegen Tepraloxymid und Clethodim die Wirkort-Resistenz durch den Haplotyp Gly2078. Das schließt aber nicht aus, dass Minderwirkungen bei Tepraloxymid und Clethodim durch andere Varianten der Wirkort-Resistenz, wie z. B. durch den Haplotyp Leu1781 auftreten können.

Die Berichte aus der Praxis über Teilerfolge bei der Bekämpfung von Leu1781-Acker-Fuchsschwanz mit Clethodim-haltigen Herbiziden sind widersprüchlich. Da Gewächshausergebnisse zeigten, dass sich homo- und heterozygote Pflanzen tendenziell in ihrer Empfindlichkeit unterscheiden (heterozygote Pflanzen sind im Trend empfindlicher, WAGNER und BELZ, 2014), sollte untersucht werden, ob es eine Korrelation zwischen der Häufigkeit von hetero-

bzw. homozygotem Leu1781-Acker-Fuchsschwanz und dem Teilerfolg bei der Bekämpfung mit Clethodim im Feld gibt.

Dazu wurden Versuche in Raps angelegt. Die Schläge wurden ohne Vorkenntnisse über das Vorkommen von Wirkort-Resistenz in den Acker-Fuchsschwanz-Populationen ausgewählt und zum Zeitpunkt der Applikation der Herbizide im Herbst und der Bonitur im Frühjahr wurden Blattproben von Acker-Fuchsschwanzproben gesammelt und molekulargenetisch analysiert. Eine Konsolidierung der Ergebnisse wird in diesem Beitrag vorgestellt und diskutiert.

## Material und Methoden

### Feldversuche

An 6 Standorten in Nord- und Süddeutschland wurden in Raps mehrgliedrige Versuche angelegt. Die Standorte sind in Tabelle 1 und die Versuchsglieder sind in Tabelle 2 beschrieben. Die Standard-Parzellengröße betrug 10 m<sup>2</sup>.

**Tab. 1** Charakterisierung der Versuchsstandorte.

**Tab. 1** Characterization of trial locations.

Standort	Höhe über NN [m]	Niederschlag* (mm)	Temperatur*	Bodenart nach DIN 4220
Region Nord				
Balje	4	830	8,4 °C	Ltu
Wischhafen	1	778	7,9 °C	Ltu
St. Joost	1	778	7,9 °C	Ltu
Region Süd				
Dormettingen	650	880	8,1 °C	T
Talheim	760	920	7,0 °C	TI
Dietingen	580	850	7,9 °C	Lt

\*langjähriges Mittel

Aus den Varianten 1 (unbehandelt), 2 (0,5 l/ha Select 240 EC, 241,9 g/l Clethodim) und 3 (2,5 l/ha Focus Ultra, 100 g/l Cycloxydim) wurden je Parzelle 8 Blattproben von Acker-Fuchsschwanzpflanzen entnommen. Jede Blattprobe stammte von einer Pflanze. Die Varianten mit Kerb FLO wurden nicht beprobt.

**Tab. 2** Versuchsglieder.

**Tab. 2** Treatments.

Versuchsglieder	Produkte	Aufwand (l/ha), Anwendungszeitpunkt NAH
1	unbehandelt	0
2	Select 240 EC + Para Sommer	0,5 + 2
3	Focus Ultra + Dash	2,5 + 2,5
4	Select 240 EC + Para Sommer + Kerb FLO?	0,5 + 2 + 1,8
5	Focus Ultra + Dash + Kerb FLO?	2,5 + 2,5+1,8

In Tabelle 3 sind die Termine der Herbizidbehandlungen der Standorte, das Stadium von Raps und Acker-Fuchsschwanz und der Deckungsgrad von Acker-Fuchsschwanz zum Zeitpunkt der Behandlung aufgeführt.

**Tab. 3** Durchführung der Behandlungen.*Tab. 3* Details on application.

Standort	Behandlungstermin	BBCH Raps/Acker- Fuchsschwanz	Stadien	Deckungsgrad Acker- Fuchsschwanz %
Region Nord				
Balje	02.10.2012	13-15/14-23		20
Wischhafen	02.10.2012	12-15/12-23		17,3
St. Joost	12.10.2012	13-16/13-21		50
Region Süd				
Dormettingen	04.10.2012	14-16/11-13		77
Talheim	11.10.2012	18-20/12-25		20
Dietingen	04.10.2012	14-16/11-13		33

Molekulargenetische Analysen

Die Pflanzenproben wurden im Herbst zum Zeitpunkt der Applikation und zum Zeitpunkt der 2. Bonitur im Frühjahr entnommen. Pro Einzelpflanze wurden ca. 2 cm lange Blattstücke von vitalen Blättern abgeschnitten und bei Raumtemperatur getrocknet. Nach der Trocknung wurde die DNA der Pflanzen mit einem kommerziell erhältlichen Kit zur DNA Aufreinigung extrahiert. Die DNA-Extrakte wurden als Template in einer PCR eingesetzt, um die entsprechenden Abschnitte des ACCase-Gens, die für das Ile/leu1781 kodieren, zu amplifizieren und wurden mittels der Pyrosequencing-Technologie analysiert. Für weitere Details siehe WAGNER und BELZ (2014).

**Ergebnisse und Diskussion**Ergebnisse der Feldversuche

Die Versuchsglieder sind in zwei Gruppen unterteilt: mit und ohne Nachbehandlung mit Kerb FLO (Wirkstoff Propyzamid). Die Ergebnisse der Acker-Fuchsschwanz-Bekämpfung sind standortspezifisch zu bewerten und korrelieren positiv mit den genetischen Analysen über das Vorkommen der Wirkort-Resistenz. Im Trend zeigt sich der deutlich höhere Bekämpfungserfolg durch die Kerb FLO Nachlage an allen Standorten (Tab.4). Eine Ausnahme ist der Standort Talheim. Hier gab es keine Unterschiede im Bekämpfungserfolg über alle Varianten. Eine Bekämpfung mit Select 240 EC und Focus Ultra war mit und ohne Kerb FLO vergleichbar gut (Wirkungsgrad 99-100 %). Für die Standorte Balje, Dietingen und Dormettingen konnte erst durch die Kerb FLO Nachlage ein noch akzeptables bis befriedigendes Ergebnis sowohl für Select 240 EC (Wirkungsgrad 96-99 %), als auch für Focus Ultra (Wirkungsgrad 91-95 %) erzielt werden. An den Standorten St. Joost und Wischhafen konnte ohne und auch mit einer Kerb FLO Nachlage kein ausreichender Bekämpfungserfolg von Acker-Fuchsschwanz sowohl mit der Select 240 EC Variante, als auch der Focus Ultra Variante erzielt werden. Unter diesen Bedingungen wird deutlich, dass zusätzlich ackerbauliche Maßnahmen zur Acker-Fuchsschwanzbekämpfung eine große Rolle einnehmen müssen. Um das Samenpotential des Acker-Fuchsschwanzes niedrig zu halten ist ein geschicktes Kombinieren von der Fruchtfolgegestaltung, der Boden- und Saatbettbearbeitung sowie der Wahl eines günstigen Saattermins notwendig. Da in der Zukunft auf den Herbizideinsatz nicht verzichtet werden kann, sollten alle erwähnten Maßnahmen genutzt werden solange eine Resistenzetablierung eines Schlages noch in den Anfängen steht.

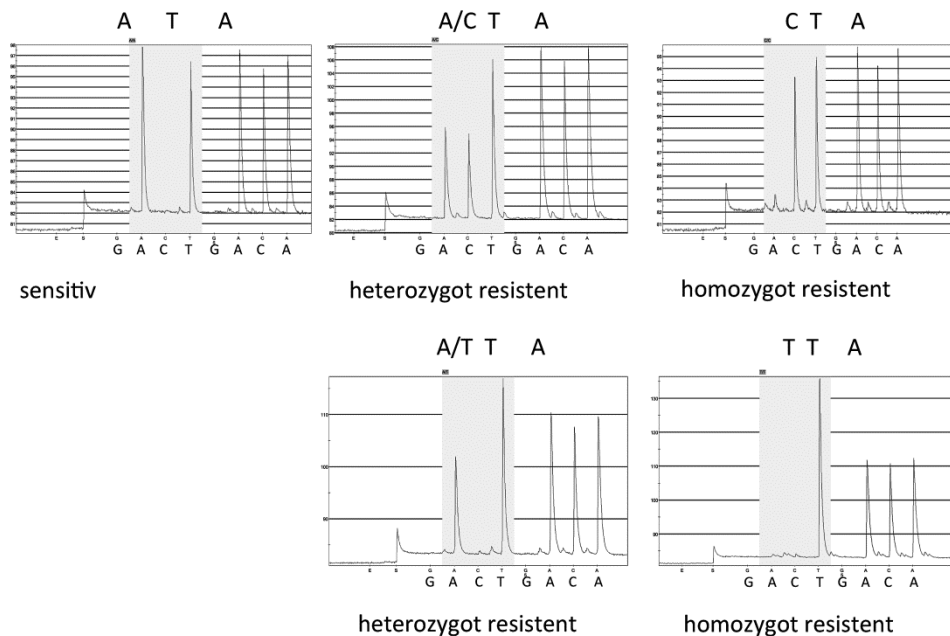
Tab. 4 Ergebnisse der Feldversuche (Boniturnote, Wirkungsgrade, Mittelwert aus drei Wiederholungen).

Tab. 4 Results of field trials (visual rating, mean of three replications).

Standort	Versuchsglied 2: 0,5 l/ha Select 240 EC + 2 l/ha Para Sommer	Versuchsglied 3: 2,5 l/ha Focus Ultra + 2,5 l/ha Dash	Versuchsglied 4: 0,5 l/ha Select 240 EC + 2 l/ha Para Sommer + 1,8 l/ha Kerb FLO (Nachlage)	Versuchsglied 5: 2,5 l/ha Focus Ultra + 2,5 l/ha Dash + 1,8 l/ha Kerb FLO (Nachlage)
Balje	97 %	87 %	97 %	95 %
Dietingen	80 %	0 %	99 %	93 %
Dormettingen	53 %	0 %	96 %	91 %
St. Joost	62 %	60 %	55 %	60 %
Talheim	99 %	100 %	100 %	100 %
Wischhafen	78 %	53 %	80 %	63 %

### Genetische Analysen

Mittels Pyrosequencing wurden die Positionen Ile/Leu1718 und Asp/Gly2078 des ACCase-Gens genotypisiert. In Abbildung 1 sind die Pyrosequencing-Ergebnisse für die fünf möglichen Genotypen an der Stelle 1781 dargestellt. Für die Position 1781 kann die DNA-Sequenz auf dem ACCase-Gen ATA für Ile1781 (sensitiv bzw. keine Wirkort-Resistenz an der Stelle) und CTA bzw. TTA für Leu1781 sein.



**Abb. 1** Pyrogramme von sensitiven, mischerbigen (heterozygoten) und reinerbigen (homozygoten) Pflanzen des Acker-Fuchsschwanz an der Position 1781 der ACCase.

**Fig. 1** Pyrogram of sensitive, heterocygous, and homocygous plants of blackgrass at position 1781 on the ACCase.

An fünf Standorten konnte eine Wirkort-Resistenz durch Leu1781 nachgewiesen werden (Tab. 5 und 6). An einem Standort (Talheim) waren keine Resistenz und keine Minderwirkung gegen Acker-Fuchsschwanz festzustellen. Am Standort Dietingen dominierte der Haplotyp CTA, während an den übrigen vier Standorten der Haplotyp TTA dominierte. Die Resistenzgrade sind für beide Haplotypen identisch, weil sie für die gleiche Aminosäure kodieren. Die Ergebnisse für die Position 2078 sind nicht dargestellt. Am Standort Dietingen konnten bei der Analyse nach Applikation (bzw. der Beprobung zum Zeitpunkt der Bonitur) fünf Pflanzen mit einer Wirkort-Resistenz durch den Gly2078 Haplotyp identifiziert werden (9 %). Alle übrigen Pflanzen an diesem Standort und 100 % der Pflanzen aller anderen Standorte zeigten den Asp2078 Haplotyp (sensitiv bzw. keine Wirkort-Resistenz an der Stelle).

Eine Korrelation der Ergebnisse aus der Tabelle 4 und den Tabellen 5 und 6 zeigt folgendes Bild: An den Standorten mit nachgewiesener Wirkort-Resistenz 1781 (Balje, Dietingen, Dormettingen und Wischhafen) ist eine deutlich schlechtere Wirkung in den Solo-Behandlungen mit Focus Ultra gegenüber den Behandlungen mit Select 240 EC festzustellen. Der Wirkungsabfall bei Focus Ultra (87 %) korreliert am Standort Balje mit einem Anteil von 21 % der Pflanzen mit einer Wirkort-Resistenz durch Leu1781 (homo- und heterozygote Genotypen). Die Solo-Behandlungen Select zeigen hier eine noch gute Wirkung mit 97 %. Die schlechte Wirkung kompensiert sich hier größtenteils durch die Kerb-Nachlage in den entsprechenden Varianten. Am Standort Dietingen war der Anteil resistenter Pflanzen sehr hoch (60 %). Hier korreliert das schlechtere Abschneiden der Focus Ultra Behandlung mit dem Anteil resistenter Pflanzen. Die Diskrepanz zwischen der Solo-Behandlungen mit Focus Ultra (0 %) gegenüber den Behandlungen mit Select 240 EC (80 %) korreliert mit dem hohen Anteil der heterozygoten Pflanzen (53 % der resistenten Pflanzen sind heterozygot). Die Interpretation ist die, dass ein hoher Anteil heterozygoter Pflanzen noch durch die Select 240 EC Behandlung erfasst wird. Diese Pflanzen haben einen niedrigen Resistenzfaktor von 6 gegen das clethodim-haltige Select 240 EC und von 118 gegen das cycloxydim-haltige Focus Ultra (WAGNER und BELZ, 2014). Steigt jedoch der Anteil der homozygoten Pflanzen fällt die Wirkung von Select 240 EC ab. Das zeigt die Korrelation der Ergebnisse für die Standorte Dormettingen und Wischhafen mit den genetischen Analysen. Am Standort Dormettingen wurde in 95 % und am Standort Wischhafen in 78 % der Pflanzen eine Wirkort-Resistenz nachgewiesen. An beiden Standorten ist der Anteil homozygoter Pflanzen sehr hoch (an beiden Standorten 41%). Die Minderwirkung von Focus Ultra ist zwar stärker ausgeprägt, aber auch mit einer Solo-Behandlung mit Select 240 EC gelingt keine ausreichende Bekämpfung. Das lässt sich auf den hohen Anteil der homozygoten Pflanzen zurückführen, die einen deutlich höheren Resistenzfaktor von 10 und 136 haben (WAGNER und BELZ, 2014).

**Tab. 5** Ergebnisse der Analysen von Blattproben zum Zeitpunkt der Herbizid-Anwendung.

**Tab. 5** Results of analysis of leaf samples at the time of herbicide application.

Standort	Summe analysierter Pflanzen	Genotyp Ile1781 A/A (sensitiv)	Genotyp Ile/Leu 1781 A/T (heterozygot; resistent)	Genotyp Leu1781 T/T (homozygot; resistent)	Genotyp Ile/Leu 1781 A/C (heterozygot; resistent)	Genotyp Leu1781 C/C (homozygot; resistent)
Balje	56	44 (78 %)	4 (7 %)	0	8 (14 %)	0
Dietingen	72	29 (40 %)	0	0	38 (53 %)	5 (7 %)
Dormettingen	73	4 (5 %)	39 (53 %)	30 (41 %)	0	0
St. Joost	90	76 (84 %)	14 (16 %)	0	0	0
Talheim	72	72 (100 %)	0	0	0	0
Wischhafen	69	15 (22 %)	24 (35 %)	28 (41 %)	2 (3 %)	0

**Tab. 6** Ergebnisse der Analysen von Blattproben zum Zeitpunkt der Wirkungsbonitur.*Tab. 6 Results of analysis of leaf samples at the time of efficacy rating.*

<b>Standort</b>	<b>Summe analysierter Pflanzen</b>	<b>Genotyp Ile1781 A/A (sensitiv)</b>	<b>Genotyp Ile/Leu 1781 A/T (heterozygot; resistent)</b>	<b>Genotyp Leu1781 T/T (homozygot; resistent)</b>	<b>Genotyp Ile/Leu 1781 A/C (heterozygot; resistent)</b>	<b>Genotyp Leu1781 C/C (homozygot; resistent)</b>
Balje	51	14 (27 %)	24 (44 %)	11 (22 %)	2 (4 %)	0
Dietingen	72	21 (29 %)	0	0	45 (63 %)	6 (8 %)
Dormet- tingen	72	18 (25 %)	31 (43 %)	23 (32 %)	0	0
St. Joost	78	72 (92 %)	5 (6 %)	1 (1 %)	0	0
Talheim	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Wischhafen	66	15 (23%)	31 (47 %)	20 (30%)	0	0

Die Minderwirkung am Standort St. Joost kann hier durch eine Korrelation der Ergebnisse nicht erklärt werden. Der relativ geringe Anteil von Pflanzen mit einer nachgewiesenen Wirkort-Resistenz sowohl zum Zeitpunkt der Applikation (16 %, Tab. 5), als auch zum Zeitpunkt der Bonitur (7 %, Tab. 6) liefert keine ausreichende Erklärung der Minderwirkung sowohl in der Solo-Behandlung, als auch mit Kerb FLO-Nachlage für Focus Ultra und Select 240 EC. Es kann hier nicht geklärt werden, ob es sich um eine alternative Resistenzform handelt, oder ob hier der hohe Deckungsgrad von Acker-Fuchsschwanz (50 %) eine Rolle spielt und damit nicht eine Resistenz ursächlich ist für die Minderwirkung. Es bleibt fest zu halten, dass der schmale Grat einer ausreichenden Bekämpfung von mehrheitlich heterozygoten Pflanzen mit dem Clethodim-haltigen Produkt Select 240 EC mit Kerb FLO-Nachlage ausreichen kann, um dem Ziel, einer Null-Toleranz bei der Bekämpfung von resistentem Acker-Fuchsschwanz näher zu kommen. Der Praktiker muss sich aber bewusst sein, dass jeder Acker-Fuchsschwanz, der eine Select 240 EC Behandlung dank der Wirkort-Resistenz Leu1781 übersteht und diese auch homozygot trägt und dann auch zur Blüte und Samenreife kommt, einen weiteren Beitrag zur Entwicklung der Resistenz einer Population beiträgt.

## Literatur

- EPPO, 2003: EPPO Standards: efficacy evaluation of plant protection products. PP 1/213(2) resistance risk analysis. Bull. EPPO/OEPP Bull. **33**, 37-63.
- DELYE, C., Z. XIAO-QI, S. MICHEL, A. MATEJICEK und S.B. POWLES, 2005: Molecular Bases for Sensitivity to Acetyl-Coenzyme A Carboxylase Inhibitors in Black-Grass, Plant Physiology **137**, 794–806.
- POWLES, S.B. und D. SHANER (Eds.): Herbicide Resistance and World Grains. S.B. Powles and D. Shaner (Eds.), CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA.
- LIU, W., D.K. HARRISON, D. CHALUPSKA, P. GORNICKI, C.C. O'DONNELL, S.W. ADKINS, R. HASELKORN und R.R. WILLIAMS, 2007: Single-site mutations in the carboxyltransferase domain of plastid acetyl-CoA carboxylase confer resistance to grass-specific herbicides, PNAS, February 27, 2007, vol. **104**, no. 9, 3627–3632.
- WAGNER, J. und R. BELZ, 2014: Resistenzausprägung von hetero- und homozygot resistenten Genotypen eines Acker-Fuchsschwanz-Biotypen mit Target-Site Resistenz (Haplotyp Leu1781) in Dosis-Wirkungsversuchen mit Clethodim und Cycloxydim. Julius-Kühn-Archiv **443**.